

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-061486

(43)Date of publication of application : 26.02.2004

(51)Int.Cl.

G01C 19/56

G01P 9/04

H01L 41/08

H01L 41/22

(21)Application number : 2002-334328

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 18.11.2002

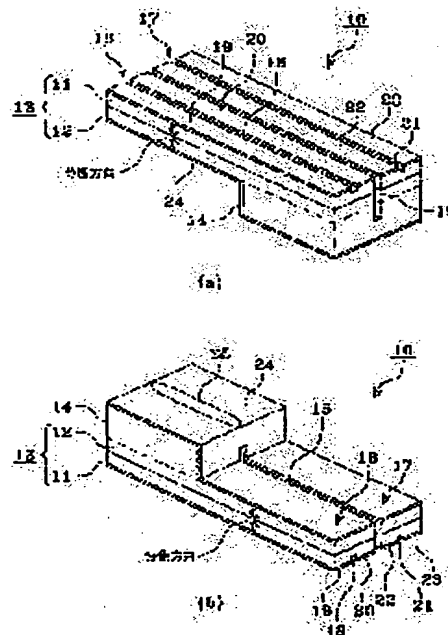
(72)Inventor : FUJIMOTO KATSUMI
YAMAMOTO HIROMOTO

(30)Priority

Priority number : 2002162805

Priority date : 04.06.2002

Priority country : JP

(54) TUNING FORK TYPE OSCILLATOR, OSCILLATION GYROSCOPE USING THE SAME, ELECTRONIC EQUIPMENT USING THE SAME, AND MANUFACTURING METHOD FOR TUNING FORK TYPE OSCILLATOR**(57)Abstract:****PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a tuning fork type oscillator of satisfactory balance between leg parts, an oscillation gyroscope using the fork, an electronic equipment using the same, and a manufacturing method for the tuning fork type oscillator.**SOLUTION:** This tuning fork type oscillator 10 is provided with a vibration part 13 having one-side main face and the other-side main face, a base part 14 provided in a longitudinal-directional one-end side of the other-side main face of the vibration part 13, and a slit 15 for splitting the vibration part 13 into the two leg parts 16, 17 for constituting the tuning fork to be lateral-symmetric in a width direction along a longitudinal direction. The slit 15 is formed to include one portion of a vibration part 13 side in the base part 14.**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

12.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-61486

(P2004-61486A)

(43) 公開日 平成16年2月26日(2004. 2. 26)

(51) Int. Cl.⁷

GO1C 19/56
GO1P 9/04
H01L 41/08
H01L 41/22

F1

GO1C 19/56
GO1P 9/04
H01L 41/08
H01L 41/22

テーマコード(参考)
2F105

審査請求 未請求 請求項の数 24 OL (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2002-334328 (P2002-334328)
(22) 出願日 平成14年11月18日(2002. 11. 18)
(31) 優先権主張番号 特願2002-162805 (P2002-162805)
(32) 優先日 平成14年6月4日(2002. 6. 4)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000006231
株式会社村田製作所
京都府長岡京市天神二丁目2番10号
(72) 発明者 藤本 克己
京都府長岡京市天神二丁目2番10号
株式会社村田製作所内
(72) 発明者 山本 浩誠
京都府長岡京市天神二丁目2番10号
株式会社村田製作所内
Fターム(参考) 2F105 AA08 BB11 CC01 CD02 CD06

(54) 【発明の名称】 音叉形振動子およびそれを用いた振動ジャイロおよびそれを用いた電子装置および音叉形振動子の製造方法

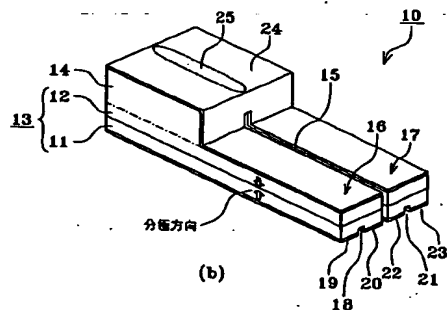
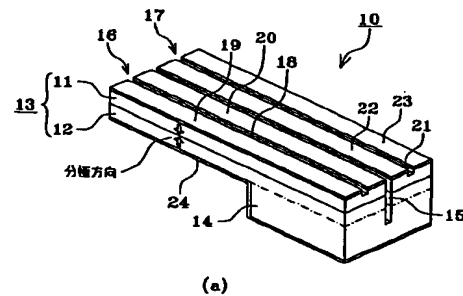
(57) 【要約】

【課題】 脚部間のバランスの取れた音叉形振動子およびそれを用いた振動ジャイロおよびそれを用いた電子装置および音叉形振動子の製造方法を提供する。

【解決手段】 音叉形振動子10は、一方主面および他方主面を有する長尺板状の振動部13と、振動部13の他方主面の長手方向一端側に設けられた基台部14と、振動部13を長手方向に沿って幅方向左右対称に音叉を構成する2つの脚部16、17に分割するスリット15を備える。スリット15は基台部14の振動部13側の一部を含んで形成されている。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一方主面および他方主面を有する長尺板状の振動部と、該振動部の他方主面の長手方向一端側に設けられた基台部と、前記振動部を長手方向に沿って幅方向左右対称に2つ以上の脚部に分割するスリットを備え、該スリットは前記基台部の前記振動部側の一部を含んで形成されていることを特徴とする音叉形振動子。

【請求項 2】

前記振動部が前記スリットによって3個以上の脚部に分割されるとともに、中央付近の前記脚部の他方主面側に前記振動部および前記基台部を中空に支持するための支持ピンが固定されていることを特徴とする、請求項1に記載の音叉形振動子。

10

【請求項 3】

前記基台部が、前記振動部を、その一端方向および幅方向両側の3方向から囲む3つの直線部分からなる略U字状に形成されていることを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の音叉形振動子。

【請求項 4】

前記基台部が、前記振動部を、その両端方向および幅方向両側の4方向から囲む長方形枠状に形成されていることを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の音叉形振動子。

【請求項 5】

前記基台部が前記振動部の少なくとも他方主面側と一体に形成されていることを特徴とする、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の音叉形振動子。

20

【請求項 6】

前記基台部が前記振動部と別体に形成されているとともに、前記振動部に貼り合わされていることを特徴とする、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の音叉形振動子。

【請求項 7】

前記振動部が、一方主面側と他方主面側で厚み方向逆方向に分極された圧電体を貼り合わせて形成されていることを特徴とする、請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の音叉形振動子。

【請求項 8】

前記振動部が、厚み方向に分極された圧電体と非圧電体とを貼り合わせて形成されていることを特徴とする、請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の音叉形振動子。

30

【請求項 9】

前記振動部が、一方主面に前記振動部の厚み方向に分極された圧電素子の設けられた非圧電体からなることを特徴とする、請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の音叉形振動子。

【請求項 10】

請求項1ないし請求項9のいずれかに記載の音叉形振動子を用いたことを特徴とする振動ジャイロ。

【請求項 11】

一方主面側と他方主面側で厚み方向逆方向に分極された圧電体を貼り合わせて形成された2本の長尺状の脚部を備え、その一端側を固定して音叉形に配置した音叉形振動子を用いた振動ジャイロであって、

40

前記2つの脚部の一方主面にはそれぞれ幅方向に分割された2つの電極が形成され、他方主面にはそれぞれ電極が形成されてなり、

前記2つの脚部の一方主面に形成された4つの電極のうち、内側同士もしくは外側同士の2つの電極を接続して駆動電極とし、残りの2つの電極を帰還電極を兼ねる検出電極とし、さらに前記2つの脚部の他方主面に形成された全ての電極を接続するとともに基準電圧に接続するかフローティング状態にしたことを特徴とする振動ジャイロ。

【請求項 12】

前記音叉形振動子として請求項7に記載の音叉形振動子を用いたことを特徴とする、請求項11に記載の振動ジャイロ。

50

【請求項 13】

一方主面に幅方向に分割された2つの電極を有するとともに他方主面に電極を有する厚み方向方向に分極された圧電体と、非圧電体とを一方主面側と他方主面側になるように貼り合わせて形成された2本の長尺状の脚部を備え、その一端側を固定して音叉形に配置した音叉形振動子を用いた振動ジャイロであって、

前記2つの脚部の圧電体の一方主面に形成された4つの電極のうち、内側同士もしくは外側同士の電極を接続して駆動電極とし、残りの2つの電極を帰還電極を兼ねる検出電極とし、さらに前記2つの脚部の圧電体の他方主面に形成された全ての電極を接続するとともに基準電圧に接続するかフローティング状態にしたことを特徴とする振動ジャイロ。

【請求項 14】

前記音叉形振動子として請求項8に記載の音叉形振動子を用いたことを特徴とする、請求項13に記載の振動ジャイロ。

【請求項 15】

非圧電体からなる2本の長尺状の脚部を備え、その一端側を固定して音叉形に配置した音叉形振動子を用いた振動ジャイロであって、

前記2つの脚部の一方主面には厚み方向に分極された圧電素子が設けられてなり、

前記2つの脚部に設けられた圧電素子は、それぞれ下電極と、その上に設けられた圧電体層と、さらにその上に設けられるとともに前記脚部の幅方向に分割された2つの上電極を有し、

前記4つの上電極のうち、内側同士もしくは外側同士の電極を接続して駆動電極とし、残りの2つの上電極を帰還電極を兼ねる検出電極とし、さらに全ての下電極を接続するとともに基準電圧に接続するかフローティング状態にしたことを特徴とする振動ジャイロ。

【請求項 16】

前記音叉形振動子として請求項9に記載の音叉形振動子を用いたことを特徴とする、請求項15に記載の振動ジャイロ。

【請求項 17】

請求項10ないし請求項16のいずれかに記載の振動ジャイロを用いたことを特徴とする電子機器。

【請求項 18】

一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面を削って所定の長さ、幅および深さの長尺状の削除部および該削除部の幅方向に隣接する長尺状の非削除部をそれぞれ1つ以上形成する工程と、

前記親基板の一方主面側から前記削除部および前記非削除部の幅方向に沿って、前記削除部を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、

前記親基板を、前記削除部および前記非削除部の幅方向および長手方向に沿って前記削除部の一部と前記非削除部の一部を1つずつ有し、前記削除部および前記非削除部の幅方向に長い平面視長方形にカットする第2のスリットを形成する工程とを有し、

前記第1のスリットは、前記平面視長方形の部分がその幅方向に関して左右対称形状になるようにその長手方向に沿って設けられていることを特徴とする音叉形振動子の製造方法。

【請求項 19】

一方主面および他方主面を有する親基板に、その一方主面側から前記親基板の厚みより小さい第1の深さの第1のスリットを1つあるいは2つ以上平行に形成する工程と、

前記親基板に、その一方主面側から、形成される前記第1のスリットの長手方向に長い平面視長方形の中にその長手方向に沿って前記第1のスリットが1つ以上含まれるように、前記親基板の厚みより小さく前記第1の深さより大きい第2の深さの第2のスリットを、前記第1のスリットの長手方向およびそれに直交する方向に沿って形成する工程と、

前記第2のスリットで形成される平面視長方形の部分の長手方向一端側に対応する位置を、前記親基板の他方主面側から前記第1のスリットが完全に露出するまで削除して削除部を形成する工程と、

10

20

30

40

50

前記親基板の前記削除部の形成されていない部分を、前記親基板の他方主面側から前記第2のスリットが完全に露出するまで削除する工程とを有し、

前記第1のスリットは、前記平面視長方形形状の部分がその幅方向に関して左右対称形状になるようにその長手方向に沿って設けられていることを特徴とする音叉形振動子の製造方法。

【請求項20】

一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に所定の長さ、幅および厚みを有する長尺板状の基台部材を1つあるいは2つ以上その幅方向に平行に並べて貼り付ける工程と、

前記親基板の一方主面側から前記基台部材の幅方向に沿って、前記親基板を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、

前記親基板および前記基台部材を、前記基台部材の幅方向および長手方向に沿って前記親基板のみの部分の一部と前記親基板に前記基台部材が貼り付けられた部分の一部を1つずつ有し、前記基台部材の幅方向に長い平面視長方形形状にカットする第2のスリットを形成する工程とを有し、

前記第1のスリットは、前記平面視長方形形状の部分がその幅方向に関して左右対称形状になるようにその長手方向に沿って設けられていることを特徴とする音叉形振動子の製造方法。

【請求項21】

一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に、その一方主面側から平面視長方形形状の凹部もしくは貫通孔が設けられた基台用親基板の一方主面を貼り合わせる工程と、前記親基板の一方主面側から前記親基板を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、

前記親基板および前記基台用親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、

前記第1のスリットは、平面視で前記基台用親基板の凹部もしくは貫通孔の中を通り前記凹部もしくは貫通孔の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットを含み、

前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部もしくは貫通孔が完全に含まれるように前記凹部もしくは貫通孔の長手方向および幅方向に沿って形成されるスリットと、前記基台用親基板の凹部もしくは貫通孔を平面視でその長手方向一方側と他方側に2分割するスリットとを含むことを特徴とする音叉形振動子の製造方法。

【請求項22】

一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に、その一方主面側から平面視長方形形状の凹部もしくは貫通孔が設けられた基台用親基板の一方主面を貼り合わせる工程と、前記親基板の一方主面側から前記親基板を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、

前記親基板および前記基台用親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、

前記第1のスリットは、平面視で前記基台用親基板の凹部もしくは貫通孔の中を通り前記凹部もしくは貫通孔の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットと、前記凹部もしくは貫通孔の幅方向に沿って形成される1つのスリットとを含み、

前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部もしくは貫通孔が完全に含まれるように前記凹部もしくは貫通孔の長手方向および幅方向に沿って形成されるスリットを含むことを特徴とする音叉形振動子の製造方法。

【請求項23】

一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に所定の深さで平面視長方形形状の凹部を形成する工程と、

前記親基板の厚みから前記凹部の深さを引いた寸法より深い第1のスリットを前記親基板の一方主面側から形成する工程と、

10

20

30

40

50

前記親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、
前記第1のスリットは、平面視で前記凹部の中を通り前記凹部の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットを含み、
前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部が完全に含まれるように前記凹部もしくは貫通穴の長手方向および幅方向に沿って形成されるスリットと、前記凹部を平面視でその長手方向一方側と他方側に2分割するスリットとを含むことを特徴とする音叉形振動子の製造方法。

【請求項24】

一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に所定の深さで平面視長方形の凹部を形成する工程と、

前記親基板の厚みから前記凹部の深さを引いた寸法より深い第1のスリットを前記親基板の一方主面側から形成する工程と、

前記親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、

前記第1のスリットは、平面視で前記凹部の中を通り前記凹部の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットと、平面視で前記凹部の中を通り前記凹部の幅方向に沿って形成される1つのスリットとを含み、

前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部が完全に含まれるように形成されるスリットを含むことを特徴とする音叉形振動子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えばビデオカメラの手ぶれ補正装置に用いられる音叉形振動子およびそれを用いた振動ジャイロおよびそれを用いた電子装置および音叉形振動子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の音叉形振動子としては、例えば特許文献1（以下、従来例1とする）や特許文献2（以下、従来例2とする）に記載されたものが知られている。

【0003】

従来例1の音叉形振動子においては、図22に示すように、音叉形振動子1は、長尺状で板状の圧電体2において、一方主面から他方主面に至るスリット3をその一端側から設けることによって2つの脚部4、5が形成されている。

【0004】

また、従来例2の音叉形振動子においては、特許文献2の図1に示されるように、圧電体からなる2本の柱状の振動子を並べて、その一端側を基台に固定して形成されている。

【0005】

なお、各従来例における音叉形振動子の駆動方法については省略する。

【0006】

【特許文献1】

特開平8-128830号公報

【特許文献2】

特開2000-193458号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、従来例1の音叉形振動子を作る場合、2つの脚部の間のスリットを、例えばダイシングソーなどを使って、圧電体の一方主面側あるいは他方主面側から形成することは難しい。そこで、図23に示すようにスリットを形成する前の圧電体を、その厚み方向および幅方向に複数個貼り合わせてブロック6にして、この状態でワイヤーソーやダイシングソーなどを使ってスリット3を形成し、さらに貼り合わされた各圧電体2を個々に分離して形成している。

10

20

30

40

50

【0008】

この場合には、最初に圧電体を貼り合わせたり、後で分離したりするという手間が必要となり、製造工程が複雑になるという問題がある。また、音叉形振動子の一方主面や他方主面に電極を形成する場合、分離された各音叉形振動子ごとに電極形成をする必要があり、製造工程が複雑になるという問題がある。あるいは、スリット形成前の親基板の段階で電極を形成する場合には、電極形成の工程と、その後のスリット形成の工程が別工程にならざるを得ないため、各脚部における電極の位置精度を高くすることができないという問題がある。

【0009】

一方、従来例2の音叉形振動子においては、各振動子は単純な柱状に形成されているため、親基板からの分離はダイシングソーを使って容易に行うことができる。また、電極形成に関しても、あらかじめ親基板の段階で圧電体の前面に形成されている電極を、ダイシングソーで各振動子を分離する前に、同じダイシングソーで親基板の表面に溝を設けることによって分離することによって形成するということが可能である。この場合、実際には1つの工程で電極の分離と振動子の分離を行うことができるため、従来例1のような問題は発生しない。

【0010】

しかしながら、従来例2の場合には、振動子と基台が別体であるため、部品点数が増え、製造工程が複雑になるという問題がある。また、2つの振動子を1つの基台に固定する際に、位置ずれや固定強度のバランスが崩れることによってバランスの取れた音叉形状を実現しにくいという問題がある。

【0011】

本発明は上記の問題点を解決することを目的とするもので、脚部間のバランスの取れた音叉形振動子およびそれを用いた振動ジャイロおよびそれを用いた電子装置および音叉形振動子の製造方法を提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の音叉形振動子は、一方主面および他方主面を有する長尺板状の振動部と、該振動部の他方主面の長手方向一端側に設けられた基台部と、前記振動部を長手方向に沿って幅方向左右対称に2つ以上の脚部に分割するスリットを備え、該スリットは前記基台部の前記振動部側の一部を含んで形成されていることを特徴とする。

【0013】

また、前記振動部が前記スリットによって3個以上の脚部に分割されるとともに、中央の前記脚部の他方主面側に前記振動部および前記基台部を中空に支持するための支持ピンが固定されていてもよい。

【0014】

また、前記基台部が、前記振動部を、その一端方向および幅方向両側の3方向から囲む3つの直線部分からなる略U字状に形成されていてもよい。さらには、前記基台部が、前記振動部を、その両端方向および幅方向両側の4方向から囲む長方形枠状に形成されていてもよい。

【0015】

そして、本発明の音叉形振動子においては、前記基台部が前記振動部の少なくとも他方主面側と一体に形成されていてもよい。あるいは、前記基台部が前記振動部と別体に形成されているとともに、前記振動部に貼り合わされていてもよい。

【0016】

さらに、前記振動部は、一方主面側と他方主面側で厚み方向逆方向に分極された圧電体を貼り合わせて形成されたバイモルフ構造でも、厚み方向に分極された圧電体と非圧電体とを貼り合わせて形成されたユニモルフ構造でも、一方主面に前記振動部の厚み方向に分極された圧電素子の設けられた非圧電体からなる構造でも構わない。

10

20

30

40

50

【0017】

また、本発明の振動ジャイロは、上記の音叉形振動子を用いたことを特徴とする。

【0018】

また、本発明の振動ジャイロは、一方主面側と他方主面側で厚み方向逆方向に分極された圧電体を貼り合わせて形成された2本の長尺状の脚部を備え、その一端側を固定して音叉形に配置した音叉形振動子を用いた振動ジャイロであって、前記2つの脚部の一方主面にはそれぞれ幅方向に分割された2つの電極が形成され、他方主面にはそれぞれ電極が形成されてなり、前記2つの脚部の一方主面に形成された4つの電極のうち、内側同士もしくは外側同士の2つの電極を接続して駆動電極とし、残りの2つの電極を帰還電極を兼ねる検出電極とし、さらに前記2つの脚部の他方主面に形成された全ての電極を接続するとともに基準電圧に接続するかフローティング状態にしたことを特徴とする。この音叉形振動子としては上記のバイモルフ構造の音叉形振動子を用いても良い。

10

【0019】

また、本発明の振動ジャイロは、一方主面に幅方向に分割された2つの電極を有するとともに他方主面に電極を有する厚み方向方向に分極された圧電体と、非圧電体とを一方主面側と他方主面側になるように貼り合わせて形成された2本の長尺状の脚部を備え、その一端側を固定して音叉形に配置した音叉形振動子を用いた振動ジャイロであって、前記2つの脚部の圧電体の一方主面に形成された4つの電極のうち、内側同士もしくは外側同士の電極を接続して駆動電極とし、残りの2つの電極を帰還電極を兼ねる検出電極とし、さらに前記2つの脚部の圧電体の他方主面に形成された全ての電極を接続するとともに基準電圧に接続するかフローティング状態にしたことを特徴とする。この音叉形振動子としては上記のユニモルフ構造の音叉形振動子を用いても良い。

20

【0020】

また、本発明の振動ジャイロは、非圧電体からなる2本の長尺状の脚部を備え、その一端側を固定して音叉形に配置した音叉形振動子を用いた振動ジャイロであって、前記2つの脚部の一方主面には厚み方向に分極された圧電素子が設けられてなり、前記2つの脚部に設けられた圧電素子は、それぞれ下電極と、その上に設けられた圧電体層と、さらにその上に設けられるとともに前記脚部の幅方向に分割された2つの上電極を有し、前記4つの上電極のうち、内側同士もしくは外側同士の電極を接続して駆動電極とし、残りの2つの上電極を帰還電極を兼ねる検出電極とし、さらに全ての下電極を接続するとともに基準電圧に接続するかフローティング状態にしたことを特徴とする。この音叉形振動子としては上記の振動部が非圧電体からなる音叉形振動子を用いても良い。

30

【0021】

また、本発明の電子機器は、上記の振動ジャイロを用いたことを特徴とする。

【0022】

次に、本発明の音叉形振動子の製造方法は、一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面を削って所定の長さ、幅および深さの長尺状の削除部および該削除部の幅方向に隣接する長尺状の非削除部をそれぞれ1つ以上形成する工程と、前記親基板の一方主面側から前記削除部および前記非削除部の幅方向に沿って、前記削除部を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、前記親基板を、前記削除部および前記非削除部の幅方向および長手方向に沿って前記削除部の一部と前記非削除部の一部を1つずつ有し、前記削除部および前記非削除部の幅方向に長い平面視長方形形状にカットする第2のスリットを形成する工程とを有し、前記第1のスリットは、前記平面視長方形形状の部分がその幅方向に関して左右対称形状になるようにその長手方向に沿って設けられていることを特徴とする。

40

【0023】

あるいは、一方主面および他方主面を有する親基板に、その一方主面側から前記親基板の厚みより小さい第1の深さの第1のスリットを1つあるいは2つ以上平行に形成する工程と、前記親基板に、その一方主面側から、形成される前記第1のスリットの長手方向に長い平面視長方形形状の中にその長手方向に沿って前記第1のスリットが1つ以上含まれるように、前記親基板の厚みより小さく前記第1の深さより大きい第2の深さの第2のスリッ

50

トを、前記第1のスリットの長手方向およびそれに直交する方向に沿って形成する工程と、前記第2のスリットで形成される平面視長形状の部分の長手方向一端側に対応する位置を、前記親基板の他方主面側から前記第1のスリットが完全に露出するまで削除して削除部を形成する工程と、前記親基板の前記削除部の形成されていない部分を、前記親基板の他方主面側から前記第2のスリットが完全に露出するまで削除する工程とを有し、前記第1のスリットは、前記平面視長形状の部分がその幅方向に関して左右対称形状になるようにその長手方向に沿って設けられていることを特徴とする。

【0024】

さらには、一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に所定の長さ、幅および厚みを有する長尺板状の基台部材を1つあるいは2つ以上その幅方向に平行に並べて貼り付ける工程と、前記親基板の一方主面側から前記基台部材の幅方向に沿って、前記親基板を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、前記親基板および前記基台部材を、前記基台部材の幅方向および長手方向に沿って前記親基板のみの部分の一部と前記親基板に前記基台部材が貼り付けられた部分の一部を1つずつ有し、前記基台部材の幅方向に長い平面視長形状にカットする第2のスリットを形成する工程とを有し、前記第1のスリットは、前記平面視長形状の部分がその幅方向に関して左右対称形状になるようにその長手方向に沿って設けられていることを特徴とする。

10

【0025】

さらには、一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に、その一方主面側から平面視長形状の凹部もしくは貫通孔が設けられた基台用親基板の一方主面を貼り合わせる工程と、前記親基板の一方主面側から前記親基板を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、前記親基板および前記基台用親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、前記第1のスリットは、平面視で前記基台用親基板の凹部もしくは貫通孔の中を通り前記凹部もしくは貫通孔の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットを含み、前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部もしくは貫通孔が完全に含まれるように前記凹部もしくは貫通孔の長手方向および幅方向に沿って形成されるスリットと、前記基台用親基板の凹部もしくは貫通孔を平面視でその長手方向一方側と他方側に2分割するスリットとを含むことを特徴とする。

20

【0026】

さらには、一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に、その一方主面側から平面視長形状の凹部もしくは貫通孔が設けられた基台用親基板の一方主面を貼り合わせる工程と、前記親基板の一方主面側から前記親基板を完全に分割する第1のスリットを形成する工程と、前記親基板および前記基台用親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、前記第1のスリットは、平面視で前記基台用親基板の凹部もしくは貫通孔の中を通り前記凹部もしくは貫通孔の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットと、前記凹部もしくは貫通孔の幅方向に沿って形成される1つのスリットとを含み、前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部もしくは貫通孔が完全に含まれるように前記凹部もしくは貫通孔の長手方向および幅方向に沿って形成されるスリットを含むことを特徴とする。

30

【0027】

さらには、一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に所定の深さで平面視長形状の凹部を形成する工程と、前記親基板の厚みから前記凹部の深さを引いた寸法より深い第1のスリットを前記親基板の一方主面側から形成する工程と、前記親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、前記第1のスリットは、平面視で前記凹部の中を通り前記凹部の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットを含み、前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部が完全に含まれるように前記凹部もしくは貫通孔の長手方向および幅方向に沿って形成されるスリットと、前記凹部を平面視でその長手方向一方側と他方側に2分割するスリットとを含むことを特徴とする。

40

【0028】

50

さらには、一方主面および他方主面を有する親基板の他方主面に所定の深さで平面視長方形形状の凹部を形成する工程と、前記親基板の厚みから前記凹部の深さを引いた寸法より深い第1のスリットを前記親基板の一方主面側から形成する工程と、前記親基板を完全に分割する第2のスリットを形成する工程とを有し、前記第1のスリットは、平面視で前記凹部の中を通り前記凹部の長手方向に沿って形成される互いに平行な3つ以上のスリットと、平面視で前記凹部の中を通り前記凹部の幅方向に沿って形成される1つのスリットとを含み、前記第2のスリットは、カットされてできた長方形の中に平面視で前記凹部が完全に含まれるように形成されるスリットを含むことを特徴とする。

【0029】

このように構成することにより、本発明の音叉形振動子の製造方法においては、製造工程を簡略化できる。また、本発明の音叉形振動子においては、脚部や底に形成される電極の寸法精度が高くなり、また基台部に対する2つの脚部のバランスが向上する。さらには、複数の音叉形振動子間の特性ばらつきも低減できる。

【0030】

また、本発明の振動ジャイロにおいては、高い精度での角速度の検出が可能になる。そして、本発明の電子装置においては、本発明の振動ジャイロを備えているために常に正確な角速度情報が得られ、性能の向上を図ることができる。

【0031】

【発明の実施の形態】

図1に、本発明の音叉形振動子の一実施例の斜視図を示す。図1の(a)と(b)は視点が逆になっているだけである。図1において、音叉形振動子10は、厚み方向に分極された長尺状の圧電体基板11と、圧電体基板11とは逆方向に分極されるとともに、その一方主面が圧電体基板11の他方主面に貼り合わせられた長尺状の圧電体基板12と、圧電体基板12の他方主面の長手方向一端側に設けられた基台部14を備えている。基台部14は、その一方主面側が圧電体基板12側になっている。圧電体基板12と基台部14は同じ圧電体材料で一体に形成されている。このうち、圧電体基板11と圧電体基板12を合わせて振動部13と呼び、圧電体基板11の一方主面が振動部13の一方主面、圧電体基板12の他方主面が振動部13の他方主面になる。なお、音叉形振動子10においては、圧電体基板11と圧電体基板12の境界部には電極は存在しないが、境界部に電極が形成されていても構わない。

【0032】

振動部13は、長手方向に沿って幅方向左右対称に形成されたスリット15によって、音叉を構成する2つの脚部16および17に分割されている。2つの脚部16および17の一方主面および他方主面は、振動部13の一方主面および他方主面と同じである。スリット15は、振動部13の一方主面側から見て、振動部13を分割するだけでなく、さらに基台部14の一部をも削るように形成されている。この結果、音叉形振動子10は、2つの脚部16および17の一端が、その他方主面側に設けられた基台部14に固定された形の音叉構造を有することになる。2つの脚部16、17は、分極方向が逆方向の2つの圧電体を貼り合わせたバイモルフ構造を有することになる。

【0033】

脚部16の一方主面にはスリット18で分割された2つの電極19および20が形成されている。また、脚部17の一方主面にはスリット21で分割された2つの電極22および23が形成されている。スリット18、21はスリット15の長手方向に沿って形成されており、その深さは電極の厚みより少し大きい程度のものである。そして、脚部16および17の他方主面のうち基台部13と貼り合わされていない部分には、さらに基台部13の側面から他方主面にかけて延在する電極24が形成されている。

【0034】

次に、図2および図3を用いて音叉形振動子10の製造方法について説明する。

まず、図2(a)に示すように、圧電体親基板31および32を、一方主面側が圧電体親基板31になり他方主面側が圧電体親基板32になるように貼り合わせた親基板30を用

10

20

30

40

50

意する。２つの圧電体親基板 ３１と３２は、あらかじめ厚み方向に関して互いに逆方向に分極しておく。また、親基板 ３０の一方主面および他方主面には全面に電極を形成しておく。

【００３５】

次に、図２（ｂ）に示すように、親基板 ３０の一方主面側にダイシングテープを貼って下にして、他方主面側すなわち圧電体親基板 ３２側にバックグランドによって所定の長さ、幅および深さの長尺状の複数の削除部 ３３を形成する。バックグランドの深さは圧電体基板 ３２の厚みより小さいものとする。ここで言う削除部 ３３は、バックグランドによって削除された部分のことではなく、削除されずに残った部分を指している。複数の削除部 ３３は、その幅方向に平行に等間隔で形成する。これによって、複数の削除部 ３３の間には、同じく長尺状の複数の非削除部 ３４が形成される。削除部 ３３と非削除部 ３４は幅方向に隣接することになる。そして、バックグランドによって形成された削除部 ３３の他方主面に、蒸着などによって再度電極を形成する。このとき、削除部 ３３の他方主面だけでなく、削除部 ３３と非削除部 ３４の境界の側壁面にも電極を形成して、非削除部 ３４の他方主面の電極と導通させる。

【００３６】

次に、図３（ａ）、（ｂ）に示すように、親基板 ３０の他方主面にダイシングテープを貼って下にして、一方主面側からダイシングソーでスリット ３５、３６、３７を形成する。各スリットはこの順で形成される方がよいが、これに限定されるものではない。なお、図３（ｂ）は図３（ａ）のＡ部の拡大図である。

【００３７】

ここで、スリット ３５は削除部 ３３や非削除部 ３４の幅方向に沿って親基板 ３０の一方主面に浅い溝が形成されるように設けられる。これによって、圧電体親基板 ３１の一方主面に形成された電極 ３８がスリット ３５によって完全に分割される。

【００３８】

また、スリット ３６は親基板 ３０の一方主面側から削除部 ３３や非削除部 ３４の幅方向に沿って削除部 ３３を完全に分割する深さの溝が形成されるように設けられる。したがって、スリット ３６の溝の深さは削除部 ３３の厚みより大きくなる。このスリット ３６が第１のスリットである。

【００３９】

そして、スリット ３７は削除部 ３３や非削除部 ３４の長手方向および幅方向に沿って親基板 ３０を完全に分割する深さで設けられる。このとき、削除部 ３３や非削除部 ３４の長手方向に関するスリット ３７は、一部を除いて削除部 ３３および非削除部 ３４の長手方向の中心線を通るように設けられる。これによって、親基板 ３０は削除部 ３３の一部と非削除部 ３４の一部を有し、削除部 ３３や非削除部 ３４の幅方向に長い平面視（親基板 ３０の一方主面側から見て）長方形の子基板にカットされる。このスリット ３７が第２のスリットである。

【００４０】

なお、ダイシングソーでスリット ３６を形成する場合、削除部 ３３の他方主面側は非削除部 ３４の他方主面側のようにダイシングテープに貼り付けられていないために、ダイシング時にチップングが発生しやすいという問題がある。そこで、チップング防止のために削除部 ３３の他方主面側はワックスなどで固めておく方がよい。

【００４１】

このようにしてできた子基板が図１に示した音叉形振動子 １０に相当する。したがって、図３と図１を比較すると、スリット ３５はスリット １８および２１に相当し、スリット ３６はスリット １５に相当する。また、スリット ３５ないし ３７によって分割された電極 ３８は電極 １９、２０、２２、２３に相当し、スリット ３７によって分割された電極 ３９は電極 ２４に相当する。

【００４２】

音叉形振動子 １０をこのような方法で製造することによって、２つの脚部 １６、１７を、

10

20

30

40

50

親基板 30 の状態で、その一方主面側からのダイシングソーによる切削によって形成することができる。そのため、従来例 1 のような 2 つの脚部の間のスリットを設ける際に複数の圧電体基板を厚み方向に貼り合わせたり後で分離したりする必要がなく、製造工程を簡略化することができる。

【0043】

また、2 つの脚部 16、17 は 1 つのダイシングソーによって 1 つの工程で形成されることになる。そのため、2 つの脚部 16、17 の寸法精度は非常に高いものになり、従来例 2 のような脚部間の位置ずれや基台部との固定強度のバランスが崩れるという問題も発生しない。さらに、4 つの電極 19、20、22、23 についても、2 つの脚部 16、17 の場合と同様に 1 つのダイシングソーによって 1 つの工程で形成されることになるため、非常に高い寸法精度で形成することができる。その結果、音叉形振動子自身の脚部間のばらつきが低減できるだけでなく、複数の音叉形振動子同士の特性ばらつきも軽減することができる。

【0044】

次に、図 4 を用いて音叉形振動子 10 を用いた振動ジャイロの動作について説明する。図 4 は、振動ジャイロの概略構成を示すブロック図である。音叉形振動子 10 は、振動ジャイロに用いる場合には、その基台部 14 の他方主面のうち、幅方向における中央部分である固定領域 25 を固定台などに導電性接着剤などで固定して使用される。固定部を固定領域 25 に限定するのは、基台部 14 の幅方向における中央部分が音叉形振動子 10 の振動のノードになり、固定部をそれ以外の領域まで広げると振動を抑制し振動漏れが増えることになるからである。したがって、固定領域 25 は基台部 14 の他方主面の幅方向中央にできるだけ限定する方がよい。また、導電性接着剤を用いることによって音叉形振動子 10 の電極 24 は固定台を介してグランドに接続され、接地される。なお、音叉形振動子 10 に関しては、2 つの脚部 16 および 17 を、その他端側から見たものを示している。基台部 14 や固定台などの脚部以外の部分については記載を省略している。

【0045】

図 4 において、振動ジャイロ 50 は、音叉形振動子 10、抵抗 R1、R2、自励発振回路 51、バッファ回路 52 および 53、差動回路 54、同期検波回路 55、平滑回路 56、および DC アンプ 57 から構成されている。ここで、音叉形振動子 10 の電極 19 はバッファ回路 52 に接続されるとともに抵抗 R1 の一端に接続されている。また、電極 23 はバッファ回路 53 に接続されるとともに抵抗 R2 の一端に接続されている。抵抗 R1 と R2 の他端は互いに接続されるとともに自励発振回路 51 に接続され、自励発振回路 51 の出力は音叉形振動子 10 の電極 20 および 22 に接続されている。音叉形振動子 10 の電極 24 は上述のように接地されている。なお、自励発振回路 51 は、AGC 回路、位相補正回路、駆動増幅回路を含む。

【0046】

バッファ回路 52 および 53 の出力は差動回路 54 に接続され、差動回路 54 の出力は同期検波回路 55 に接続されている。同期検波回路 55 には自励発振回路 51 から接続されている。同期検波回路 55 の出力は平滑回路 56 と DC アンプ 57 を順に介して出力端子 58 に接続されている。

【0047】

このように構成された振動ジャイロ 50 において、音叉形振動子 10 には、2 つの脚部 16 および 17 から電極 19 および 23、抵抗 R1 および R2、自励発振回路 51、電極 20 および 22 を順に介して 2 つの脚部 16 および 17 に戻るループで自励振による振動が発生する。これを駆動による振動と呼び、その振動は、2 つの脚部 16 および 17 が、その一端側の固定された基台部 14 をノードとして、他端側が離れたり近づいたりするモードになる。したがって、この場合は電極 20、22 が駆動電極、電極 19、23 が帰還電極ということになる。

【0048】

このように振動している音叉形振動子 10 に対して、2 つの脚部 16、17 の長手方向を

10

20

30

40

50

回転の軸とする角速度が印加されると、2つの脚部16、17はコリオリ力によってその厚み方向に屈曲振動する。その際、脚部16と脚部17は互いに逆方向に屈曲する。そのため、電極19と23からは、駆動による振動による同位相の信号に加えてコリオリ力による振動による逆位相の信号が発生する。

【0049】

電極19と23で発生する信号はそれぞれバッファ回路52、53で増幅され、差動回路54で互いに逆位相の信号、すなわちコリオリ力による信号のみが取り出される。このコリオリ力による信号は同期検波回路55で同期検波され、平滑回路56で平滑され、DCアンプ57で増幅されて出力される。したがって、電極19、23は帰還電極と検出電極を兼ねるということになる。

10

【0050】

振動ジャイロ50においては、上記のような構成の音叉形振動子10を用いているため、駆動による振動子10の振動が安定し、また振動子10から出力されるコリオリ力による信号もばらつきの少ない安定したものになる。そのため、高い精度での角速度の検出が可能になる。

【0051】

音叉形振動子10においては、2つの脚部16、17がバイモルフ構造を有していたが、本発明の音叉形振動子は必ずしもバイモルフ構造の脚部を有するものには限定されない。以下、図5、図6を用いて他の構造の音叉形振動子について説明する。

【0052】

まず、図5に、本発明の音叉形振動子の別の実施例の斜視図を示す。図5において、図1と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。また、図1(b)のような視点の異なる図については省略する。

20

【0053】

図5において、音叉形振動子60は、圧電体基板11の他方主面に電極61が形成されている。電極61は、圧電体基板11の一端側の端面を介して一方主面にまで延びて形成されている。圧電体基板11の一方主面において、電極19、20、22、23と電極61は、ダイシングソーなどで圧電体基板11の幅方向に沿って形成された浅いスリット67によって分離されている。電極61を圧電体基板11の一方主面側まで延在させているのは、各電極と駆動・検出回路との接続をワイヤーボンディングなどを用いて容易にできるようにするためである。そして、図1における圧電体基板12および基台部13に代えて、非圧電体基板62およびそれと同じ材料で一体に形成された基台部64を備えている。非圧電体基板62と基台部64の材料は絶縁体である。このうち、圧電体基板11と非圧電体基板62を合わせて振動部63と呼び、圧電体基板11の一方主面が振動部63の一方主面、非圧電体基板62の他方主面が振動部63の他方主面になる。

30

【0054】

振動部63は、長手方向に沿って幅方向左右対称に形成されたスリット15によって、音叉を構成する2つの脚部65および66に分割されている。2つの脚部65および66の一方主面および他方主面は、振動部63の一方主面および他方主面と同じである。スリット15は、振動部63の一方主面側から見て、振動部63を分割するだけでなく、さらに基台部64の一部をも削るように形成されている。この結果、音叉形振動子60は、2つの脚部65および66の一端が、その他方主面側に設けられた基台部64に固定された形の音叉構造を有することになる。2つの脚部65、66は、1つの圧電体に1つの非圧電体を貼り合わせたユニモルフ構造を有することになる。

40

【0055】

このように構成された音叉形振動子60は、音叉形振動子10と同様の方法で製造することができる。ただし、電極61のうち圧電体基板11の一端側の端面に形成された部分は、親基板から切り出した後で形成する必要がある。そして、電極61を音叉形振動子10における電極24と同様に接地すれば、音叉形振動子10と同様の方法で駆動することができるため、これを用いた振動ジャイロは振動ジャイロ50と同様の作用効果を奏するこ

50

とができる。

【0056】

なお、音叉形振動子60においては圧電体基板11の他方主面に形成された電極61を一方主面側まで延在させたが、例えば非圧電体基板62および基台部64を構成する材料に導電性のある金属や半導体などを利用すれば、それらを介して電極61を接地することができるため、圧電体基板11の一端側の端面に形成される電極やスリット67は必ずしも必要ない。その場合には、音叉形振動子60の製造方法は音叉形振動子10の製造方法により近づけることができる。あるいは、何らかの方法で電極61との導通を取る方法があれば、電極61を圧電体基板11の一方主面側まで延在させる必要も、非圧電体基板62や基台部64を導電性を有する材料にする必要もないものである。

10

【0057】

次に、図6に、本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例の斜視図を示す。図6において、図1と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。また、図1(b)のような視点の異なる図については省略する。

【0058】

図6において、音叉形振動子70は、図1における圧電体基板11、12および基台部14に代えて1つの非圧電体基板71およびそれと同じ材料で一体に形成された基台部72を備えている。非圧電体基板71と基台部72の材料は、例えばシリコンウェハーや誘電体セラミックなどの絶縁体である。このうち、非圧電体基板71がそのまま振動部となるので、以下の説明においては同じ記号を用いて振動部71と称する。

20

【0059】

非圧電体基板71の一方主面には、スリット15、18、21によって分割された4つの圧電素子75、76、77、78が形成されている。各圧電素子は、いずれも非圧電体基板71の一方主面に形成された下電極、下電極の上にスパッタリングなどによって形成された圧電体層である薄膜圧電体、さらに薄膜圧電体の上に形成された上電極からなる3層構造に形成されている。下電極を露出させるために、薄膜圧電体は下電極より小さな面積になるように形成されている。また、上電極は下電極との短絡を防ぐために薄膜圧電体より小さく形成されている。下電極や上電極の材料は例えば金が用いられる。薄膜圧電体の材料としては例えばZnOが用いられ、厚み方向に分極されている。

【0060】

振動部71は、長手方向に沿って幅方向左右対称に形成されたスリット15によって、音叉を構成する2つの脚部73および74に分割されている。スリット15は、振動部71の一方主面側から見て、振動部71を分割するだけでなく、さらに基台部72の一部をも削るように形成されている。この結果、音叉形振動子70は、2つの脚部73および74の一端が、その他方主面側に設けられた基台部72に固定された形の音叉構造を有することになる。

30

【0061】

このように構成された音叉形振動子70は、音叉形振動子10や60とほぼ同様の方法で製造することができる。そして、4つの圧電素子75、76、77、78の下電極を音叉形振動子10における電極24と同様に接地すれば、音叉形振動子10や60と同様の方法で駆動することができるため、これを用いた振動ジャイロは振動ジャイロ50と同様の作用効果を奏することができる。

40

【0062】

なお、非圧電体基板71と基台部72は絶縁体に限るものではなく、金属などの導体でも構わないものである。

【0063】

ところで、音叉形振動子10においては、バックグラインドをした後で削除部の他方主面側などに電極の再形成を行い、そのうえで第1および第2のスリットを形成しているために、前述のように削除部の他方主面側をワックスで固めるなどのチップング防止の対策が必要であった。しかしながら、音叉形振動子60や70の場合にはバックグラインド後の

50

削除部の他方主面側などへの電極再形成は必要ない。そのため、親基板に全てのスリットを形成した後で最後にバックグラインドを行うことによって親基板を子基板に分割するという方法も考えられる。

【0064】

この場合、親基板を子基板に分割するための第2のスリット（例えば図3におけるスリット37）を親基板の他方主面側まで達しないように少し残して形成することによって、全スリット形成後も親基板が子基板に分離しないようにしておく。第1のスリットと第2のスリットの形成順はどちらでも構わない。そして、バックグラインドの際には、削除部だけでなく非削除部に相当する部分においても第2のスリットが形成されずに残された部分に相当する厚みのバックグラインドを行い、それによって親基板を子基板に分割するための第2のスリットが完全に露出するようにする。この場合、近年のバックグラインド技術の進歩によって、親基板や各子基板に対してほとんど負荷を与えないでバックグラインドができるため、図2と図3で示した製造方法で必要に応じて用いられるワックスで固めるという付属的な工程を採用しなくても削除部や非削除部の他方主面側のチッピングを防止することができる。

【0065】

上記の各実施例においては、振動部の少なくとも一部が基台部と同じ材料で一体に形成されていたが、振動部と基台部が別体に形成されていても構わない。以下、図7、図8、図9を用いて他の構造の音叉形振動子およびその製造方法について説明する。

【0066】

まず、図7に、本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例の斜視図を示す。図7の（a）と（b）は視点が逆になっているだけである。図7において、図1と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。

【0067】

図7において、音叉形振動子80は、図1における圧電体基板12および基台部14に代えて、圧電体基板11とは逆方向に分極された長尺状の圧電体基板81および非圧電体材料で形成された基台部84を備えている。圧電体基板81は、その一方主面が圧電体基板11の他方主面に貼り合わせられており、他方主面には電極82が形成されている。基台部84は圧電体基板81の他方主面の他端側に貼り合わせられている。基台部84の材料は金属などの導体である。このうち、圧電体基板11と圧電体基板81を合わせて振動部83と呼び、圧電体基板11の一方主面が振動部83の一方主面、圧電体基板81の他方主面が振動部83の他方主面になる。なお、音叉形振動子80においては、圧電体基板11と圧電体基板81の境界部には電極は存在しないが、境界部に電極が形成されていても構わない。

【0068】

振動部83は、長手方向に沿って幅方向左右対称に形成されたスリット15によって、音叉を構成する2つの脚部85および86に分割されている。2つの脚部85および86の一方主面および他方主面は、振動部83の一方主面および他方主面と同じである。スリット15は、振動部83の一方主面側から見て、振動部83を分割するだけでなく、さらに基台部84の一部をも削るように形成されている。この結果、音叉形振動子80は、2つの脚部85および86の一端が、その他方主面側に設けられた基台部84に固定された形の音叉構造を有することになる。2つの脚部85、86は、分極方向が逆方向の2つの圧電体を貼り合わせたバイモルフ構造を有することになる。

【0069】

脚部85の一方主面にはスリット18で分割された2つの電極19および20が形成されている。また、脚部86の一方主面にはスリット21で分割された2つの電極22および23が形成されている。

【0070】

次に、図8および図9を用いて音叉形振動子80の製造方法について説明する。

まず、図8（a）に示すように、圧電体親基板91および92を、一方主面側が圧電体親

10

20

30

40

50

基板 9 1 になり他方主面側が圧電体親基板 9 2 になるように貼り合わせた親基板 9 0 を用意する。2 つの圧電体親基板 9 1 と 9 2 は、あらかじめ厚み方向に関して互いに逆方向に分極しておく。また、親基板 9 0 の一方主面および他方主面にはそれぞれ全面に電極 9 7 および 9 8 (図 8 には図示せず、図 9 (b) に図示する) を形成しておく。

【0071】

次に、図 8 (b) に示すように、親基板 9 0 の他方主面、すなわち圧電体親基板 9 2 の他方主面に、所定の長さ、幅および厚みを有する長尺板状の基台部材 9 3 を幅方向に一定間隔で並べて貼り付ける。基台部材 9 3 は金属である。

【0072】

次に、図 9 (a)、(b) に示すように、親基板 9 0 の他方主面側、すなわち基台部材 9 3 の他方主面にダイシングテープを貼って下にして、親基板 9 0 の一方主面側からダイシングソーでスリット 9 4、9 5、9 6 を順に形成する。各スリットはこの順で形成される方がよいが、これに限定されるものではない。なお、図 9 (b) は図 9 (a) の B 部の拡大図である。

【0073】

ここで、スリット 9 4 は基台部材 9 3 の幅方向に沿って親基板 9 0 の一方主面に浅い溝が形成されるように設けられる。これによって、圧電体基板 9 1 の一方主面に形成された電極 9 7 がスリット 9 4 によって完全に分割される。

【0074】

また、スリット 9 5 は親基板 9 0 の一方主面側から基台部材 9 3 の幅方向に沿って親基板 9 0 を完全に分割する深さで形成される。したがって、スリット 9 5 の溝の深さは親基板 9 0 の厚みより大きくなる。このスリット 9 5 が第 1 のスリットである。

【0075】

そして、スリット 9 6 は基台部材 9 3 の長手方向および幅方向に沿って親基板 9 0 だけでなく基台部材 9 3 をも完全に分割するように設けられる。このとき、基台部材 9 3 の長手方向に関するスリット 9 6 は、一部を除いて基台部材 9 3 および基台部材 9 3 では含まれた部分の長手方向の中心線を通るように設けられる。これによって、親基板 9 0 は一端側にのみ基台部材 9 3 の一部を有し、基台部材 9 3 の幅方向に長い平面視 (親基板 9 0 の一方主面側から見て) 長方形形状の子基板にカットされる。このスリット 9 6 が第 2 のスリットである。

【0076】

なお、ダイシングソーでスリット 9 5 を形成する場合、親基板 9 0 の他方主面側の基台部材 9 3 の貼り合わされていない部分は基台部材 9 3 の他方主面側のようにダイシングテープに貼り付けられないために、ダイシング時にチッピングが発生しやすいという問題がある。そこで、チッピング防止のために親基板 9 0 の他方主面側における基台部材 9 3 の貼り合わされていない部分はワックスなどで固めておく方がよい。

【0077】

このようにしてできた子基板が図 7 に示した音叉形振動子 8 0 に相当する。したがって、図 9 と図 7 を比較すると、スリット 9 4 はスリット 1 8 および 2 1 に、スリット 9 5 はスリット 1 5 に相当する。また、スリット 9 4 ないし 9 6 によって分割された電極 9 7 は電極 1 9、2 0、2 2、2 3 に、スリット 9 6 によって分割された電極 9 8 は電極 8 2 に相当する。

【0078】

音叉形振動子 8 0 をこのような方法で製造することによって、2 つの脚部 8 5、8 6 を、親基板 9 0 の状態で、その一方主面側からのダイシングソーによる切削によって形成することができる。そのため、従来例 1 のような 2 つの脚部の間のスリットを設ける際に複数の圧電体基板を厚み方向に貼り合わせたり後で分離したりする必要がなく、製造工程を簡略化することができる。

【0079】

また、2 つの脚部 8 5、8 6 は 1 つのダイシングソーによって 1 つの工程で形成されるこ

10

20

30

40

50

とになる。そのため、2つの脚部85、86の寸法精度は非常に高いものになり、従来例2のような脚部間の位置ずれや基台部との固定強度のバランスが崩れるという問題も発生しない。さらに、4つの電極19、20、22、23についても、2つの脚部85、86の場合と同様に1つのダイシングソーによって1つの工程で形成されることになるため、非常に高い寸法精度で形成することができる。その結果、音叉形振動子自身の脚部間のばらつきが低減できるだけでなく、複数の音叉形振動子同士の特性ばらつきも軽減することができる。

【0080】

このような方法で製造された音叉形振動子80は、上記の音叉形振動子10、60、70と同様に振動ジャイロに用いることができ、これを用いた振動ジャイロは振動ジャイロ50と同様の作用効果を奏することができる。

【0081】

なお、音叉形振動子80においては、基台部材84が金属などの導体であるとしたが、絶縁体であっても構わないもので、導体の場合と同様の作用効果を奏することができる。なお、その場合の電極82と固定台との導通に関しては、例えば絶縁体の基台部材の表面のほぼ全面に電極を形成しておくことによって、基台部の一方主面側と他方主面側の導通を取るなどの方法が考えられる。

【0082】

また、音叉形振動子80においては、振動部83がバイモルフ構造を有するものとしたが、このような製造方法で作られる音叉形振動子は、音叉形振動子60のようなユニモルフ構造であっても、音叉形振動子70のような非圧電体からなる振動体の側面に圧電素子を貼り付けたような構成であっても構わないもので、バイモルフ構造の場合と同様の作用効果を奏するものである。

【0083】

なお、上記の各実施例においては、2つの脚部を分けるスリットの幅と各脚部において電極を2つに分割するスリットの幅が同じであるように図面上は記載されている。これは全てのスリットを1つのダイシングソーで形成することを前提としているためである。しかしながら、例えば2つの脚部を分けるスリットを電極を分けるスリットよりもっと広くしても構わない。例えば2つの脚部を分けるスリットの幅が狭いと、音叉形振動子の振動のノード位置が非常にクリティカルなものになるが、スリットの幅を広げることによってこれを緩和することができる。そのため、基台部の他方主面を固定台に固定する際の固定領域の幅を広げることができる。これは、この音叉形振動子を用いた振動ジャイロの製造が容易になり、製造工程を簡略化できることを意味する。あるいは逆に、固定領域の幅を狭いままにしておくことができれば、音叉振動がさらに抑制されにくくなり、振動漏れをさらに低減できることを意味する。

【0084】

図10および図11に、本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例の斜視図および側面図を示す。図10および図11において、図1と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。

【0085】

図1の音叉形振動子10においては振動部13がスリット15によって2つの脚部16、17に分割されているのに対して、図10の音叉形振動子100においては振動部13が長手方向に沿って幅方向左右対称に形成された2つのスリット101、102によって3つの脚部103、104、105に分割されている。スリット101、102は、振動部13の一方主面側から見て、振動部13を分割するだけでなく、さらに基台部14の一部をも削るように形成されている。このうち、脚部103と104が音叉を構成する脚部で、それぞれ音叉形振動子10の脚部16、17に相当する。また、脚部105の幅は脚部103や104の幅の約半分になっているために、その幅方向の振動の共振周波数は脚部103や104の幅方向の共振周波数、すなわち音叉形振動子100の駆動周波数とは異なるものになる。そのため、脚部105は脚部103や104の振動に共振して振動しな

い。このような音叉形振動子100は、音叉形振動子10の場合と同様の製造方法で親基板から作ることができる。なお、中央の脚部105は、両側の脚部103、104と同じ製造方法で作るために、圧電体からなり、厚み方向に分極され、その両面に電極が形成されているが、これらは必ずしも必要なものではない。

【0086】

脚部105の他方主面の略中央部には、その面に垂直な方向に伸びる支持ピン106の一端が固定されている。支持ピン106の長さは基台部14の厚みより長く形成されており、その他端は図11に示すように固定台107に固定されている。その結果、音叉形振動子100は支持ピン106によって固定台107上で支持される。なお、音叉形振動子10の場合とは異なり、基台部14は中空に浮いた状態になるため、基台部14には固定領域は存在しない。

10

【0087】

このように構成された音叉形振動子100においては、前述のように脚部105の幅方向の共振周波数が駆動周波数と異なるために、脚部105は幅方向には振動しない。そのため、支持ピン106によって安定に支持することができる。しかも基台部14が固定台107に固定されていないために、音叉形振動子10などに比べて振動がさらに抑制されにくくなる。特に、支持ピン106の一端を音叉形振動子100の重心位置に固定した場合には、その固定位置が駆動による脚部103、104の幅方向の振動に対する重心になるだけでなく、コリオリ力による厚み方向の振動に対する重心にもなり、コリオリ力による振動も抑制されにくくなり、振動漏れによるコリオリ力の検出感度の低下に対しても抑制効果がある。

20

【0088】

ところで、音叉形振動子100においては脚部105の厚みは脚部103や104の厚みと同じであるため、脚部105の厚み方向の振動の共振周波数は脚部103や104の厚み方向の共振の周波数とほぼ一致する。そして、脚部103と104はコリオリ力によって厚み方向に振動するため、これと共振して脚部105も振動する可能性がある。

【0089】

そこで、脚部105の厚み方向の振動の共振周波数を脚部103や104の厚み方向の振動の共振周波数と異ならせるために、例えば図12に示す音叉形振動子110のように、中央の脚部111を圧電体基板12のみからなるものにするということが考えられる。図12において、図10と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付している。この場合は、脚部111は脚部103や104とは幅と厚みの両方が異なることになり、幅方向と厚み方向のいずれの方向の共振周波数も脚部103や104と異なるようになる。その結果、脚部103や104の駆動による振動やコリオリ力による振動と共振して脚部111が振動する可能性が低減する。

30

【0090】

なお、上記の音叉形振動子100や110においては、脚部の数を3本としたが、支持ピンの固定できる中央の脚部が存在すればよいので、脚部の数は4本以上であっても構わないものである。なお、ピン端子を固定することを考えると脚部の数は奇数個の方がよいが、脚部の数が偶数個の場合には、例えば中央の2つの脚部にまたがって支持ピンを固定する用にすれば、脚部が奇数個の場合と同様の構成になる。

40

【0091】

このように構成された音叉形振動子100や110は、上記の音叉形振動子10、60、70、80と同様に振動ジャイロに用いることができ、これを用いた振動ジャイロは振動ジャイロ50と同様の作用効果を奏することができる。

【0092】

ところで、上記の各音叉形振動子においては、図4に示すような回路で振動ジャイロを構成するものとして説明してきた。しかしながら、本発明の音叉形振動子の振動ジャイロとしての駆動回路としては別の構成も考えられる。

【0093】

50

図 1 3 に、本発明の振動ジャイロの別の実施例の回路図を示す。図 1 3 において、図 4 と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 9 4 】

図 1 3 に示した振動ジャイロ 1 2 0 において、音叉形振動子 1 0 の電極 2 4 は、2 つの脚部 1 6、1 7 間で互いに接続されながらも、それ以外のどこにも接続されないフローティング状態にある。また、抵抗 R 1 と R 2 の他端は接地されている。また、バッファ回路 5 2 と 5 3 の出力は、ともに和動回路 1 2 1 に接続され、和動回路 1 2 1 の出力は自励発振回路 5 1 に接続されている。

【 0 0 9 5 】

このように構成された振動ジャイロ 1 2 0 において、音叉形振動子 1 0 には、2 つの脚部 1 6 および 1 7 から電極 1 9 および 2 3、バッファ回路 5 2 および 5 3、和動回路 1 2 1、自励発振回路 5 1、電極 2 0 および 2 2 を順に介して 2 つの脚部 1 6 および 1 7 に戻るループで自励振による振動が発生する。これを駆動による振動と呼び、その振動は、2 つの脚部 1 6 および 1 7 が、その一端側の固定された基台部 1 4 をノードとして、他端側が離れたり近づいたりするモードになる。そして、振動ジャイロ 5 0 の場合と同様にしてコリオリ力を検出して出力することができる。

【 0 0 9 6 】

そして、振動ジャイロ 1 2 0 においては、音叉形振動子 1 0 において配線の必要な電極は脚部 1 6、1 7 の一方主面側の電極である電極 1 9、2 0、2 2、2 3 のみで、脚部 1 6、1 7 の他方主面側の電極 2 4 は配線の必要がない。そのため、振動ジャイロの製造が容易になるというメリットがある。

【 0 0 9 7 】

ところで、振動ジャイロ 1 2 0 において音叉形振動子 1 0 の電極 2 4 がフローティング状態にあるということは、回路と接続すべき全ての電極が音叉形振動子 1 0 の一方主面側のみに存在するということを意味する。そのため、音叉形振動子 1 0 を用いた振動ジャイロの配置方法としては図 1 4 に示す構成も考えられる。

【 0 0 9 8 】

図 1 4 に示した振動ジャイロ 1 3 0 において、音叉形振動子 1 0 は、振動部の一方主面側を下にして、その一端側の電極 1 9、2 0、2 2、2 3 を駆動検出回路（図示せず）などが形成された搭載基板 1 3 1 の接続用電極 1 3 2 に半田や導電性接着剤などを用いて固定して配置されている。接続用電極 1 3 2 は、音叉形振動子 1 0 の振動部の一端側の下にのみ存在し、長手方向中央部から他端側にかけての下には存在しない。なお、接続用電極 1 3 2 は音叉形振動子 1 0 の各電極 1 9、2 0、2 2、2 3 にそれぞれ対応して存在する。そして、接続用電極 1 3 2 は例えば 3 0 μ m 程度の厚みを有するため、振動部の他端側は搭載基板 1 3 1 の表面から浮いた状態になる。

【 0 0 9 9 】

このように、振動ジャイロ 1 3 0 においては振動部の一端側のみが搭載基板 1 3 1 に固定され、他端側が中に浮いた状態になるため、音叉としての動作には支障が生じない。しかも、振動部の一方主面側の電極 2 3 などを接続用電極 1 3 2 に接続でき、振動部の他方主面側の電極 2 4 を接続する必要がないため、空中配線が必要なくなり、振動ジャイロ 1 3 0 を容易に製造することができる。

【 0 1 0 0 】

なお、振動ジャイロ 1 3 0 においては、音叉形振動子 1 0 の基台部 1 4 には、2 つの脚部 1 6、1 7 を互いに固定するとともに振動のノードになるという役割はあるが、音叉形振動子 1 0 を固定台などに固定するという役割はなくなる。

【 0 1 0 1 】

また、振動ジャイロ 1 3 0 においては音叉形振動子 1 0 を用いたが、音叉形振動子 6 0、7 0、8 0 を用いても同様に構成することができる。それどころか、図 4 に示す脚部断面構造を有する音叉形振動子であれば、本発明の音叉形振動子に限らなくてもよい。すなわち、従来例 1 や 2 で示した構成の音叉形振動子であっても、脚部の一方主面側の電極がそ

10

20

30

40

50

れぞれ幅方向に2つに分割されており、他方主面側の電極がそれぞれ1つずつ存在し、しかもその他方主面側の電極が互いに接続されるとともに基準電圧に接続されるかフローティング状態になっているものであれば、同様の回路配線で駆動・検出を行うことができる。

【0102】

なお、振動ジャイロ120においては電極24がフローティング状態にあるものとしたが、電極24は必ずしもフローティング状態になければならないものではなく、コリオリ力の検出感度が低下したり空中配線が必要になったりするという問題はあるものの、例えば基準電圧に接続（すなわち接地）しておいても構わないものである。

【0103】

図15に、本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例の斜視図を示す。図15の(a)と(b)は視点が逆になっているだけである。図15において、図7と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。

【0104】

図15に示した音叉形振動子140において、音叉を構成する2つの脚部85および86からなる振動部83の構成は図7に示した音叉形振動子80と全く同じであり、基台部のみが異なっている。そこで、図15においては振動部83の細部については記号を省略する。

【0105】

音叉形振動子140において、基台部141は3つの直線部分を互いに直角に連結したような略U字状に形成されており、その中央の直線部分の一方主面が振動部83の他方主面の一端側に貼り合わされている。基台部141の他の互いに平行な2つの直線部分の一方主面には振動部83を構成しているものと同じ2つの圧電体基板11および81が貼り合わされている。そのため、基台部141は、2つの脚部85および86からなる振動部83を、その一端方向と幅方向両側から囲む形になる。その結果、基台部141の互いに平行な2つの直線部分に貼り付けられた圧電体基板11、81と2つの脚部85および86との間にはそれぞれ振動部83の長手方向に沿ったスリット142、143が存在することになる。スリット142、143は後述のように2つの脚部85と86の間のスリット15と同様に2つの圧電体基板11、81を完全に切断し、さらに基台部141の一部をも削るように形成されていて、これによって振動部83が圧電体基板11、81の他の部分から分離されている。

【0106】

ここで、このような音叉形振動子140の製造方法について、図16を用いて説明する。図16において、音叉形振動子80の製造方法を説明する図であるところの図8と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。

【0107】

まず、図16(a)に示すように、圧電体親基板91および92を、一方主面側が圧電体親基板91になり他方主面側が圧電体親基板92になるように貼り合わせた親基板90を用意する。それと同時に、複数の平面視長形状の貫通穴151が縦横に並んで形成された基台用親基板150を用意する。図16の基台用親基板150の場合は $8 \times 4 = 32$ 個の貫通穴151が形成されている。この貫通穴151は基台用親基板150のどの面からどのような方法で形成されたものであっても構わない。

【0108】

次に、16(b)に示すように、親基板90の他方主面側、すなわち圧電体親基板92側に基台用親基板150の一方主面を貼り合わせる。

【0109】

次に、基台用親基板150の他方主面にダイシングテープを貼って下にして、親基板90の一方主面側からダイシングソーで互いに平行な3つのスリット152、153、154を形成する。スリット152、153、154はいずれも長形状の貫通穴151の長手方向に沿って、親基板90を完全に切断し、基台用親基板150の一部をもわずかに切削

10

20

30

40

50

する深さに形成される。スリット152は平面視で貫通穴151の略中央をその長手方向に沿って通り、スリット153と154はスリット152の両側において貫通穴151の内側壁に対応する線に接して通る。但し、内側壁に対応する線に接することは必須ではなく、内側壁に対応する線より内側を通っても構わない。すなわち、スリット153と154は平面視で貫通穴151の中を通ればよい。なお、スリット152と153の間隔とスリット152と154の間隔は同じである。また、図16(b)には、図面が煩雑になるのを避けるために一部の貫通穴151を通るスリット152、153、154しか記載していないが、実際には全ての貫通穴に関して同様のスリットが形成される。そして、親基板90の中のこの3つのスリット152、153、154の間に形成された2つの角柱状の部分が、この後の加工によって音叉を構成する2つの脚部になる。このスリット152、153、154が第1のスリットである。

10

【0110】

また、図示は省略しているが、スリット152、153、154の形成の前または後で、スリット152と153の中間部分、およびスリット152と154の中間部分にも、貫通穴151の長手方向に沿って、圧電体親基板91の一方主面に形成された電極がカットされる深さのスリットが形成される。このスリットは音叉形振動子80における駆動や検出のための電極を分割するためのスリット18および21に相当するものになる。

【0111】

次に、同じく親基板90の一方主面側からダイシングソーでスリット155、156、157を形成する。スリット155は貫通穴151の長手方向に沿って、親基板90だけでなく基台用親基板150をも切断するように形成される。その際、スリット155は平面視で2つの貫通穴151のちょうど中間を通る。また、スリット156は貫通穴151の幅方向に沿って、親基板90だけでなく基台用親基板150をも切断するように形成される。その際、スリット156は平面視で2つの貫通穴151のちょうど中間を通る。そのために、スリット155と156でカットされた平面視長方形の中には貫通穴151が完全に含まれる。また、スリット157は平面視で貫通穴151の中央部を通る。そのため、先の工程で基板90のうちの3つのスリット152、153、154の間に形成された2つの角柱状の部分が、スリット156、157によって切断されて音叉を構成する2つの脚部になる。そして、このスリット155、156、157によって切断されてできた子基板が音叉形振動子140になる。図16の場合には子基板の数は64個になる。このスリット155、156、157が第2のスリットである。

20

30

【0112】

なお、ダイシングソーでスリット152、153、154を形成する場合、親基板90の他方主面側であって基台用親基板150の貼り合わされていない部分は、ダイシングテープに貼り付けられないためにダイシング時にチップングが発生しやすいという問題がある。そこで、チップング防止のために親基板90の他方主面側における基台用親基板150の貼り合わされていない部分はワックスなどで固めておく方がよい。

【0113】

また、上記の音叉形振動子140の製造方法においては、複数の長形状の貫通穴151が縦横に並んで形成された基台用親基板150を用いていたが、この貫通孔の部分は音叉の脚部の振動を可能にする空間を与えることが主な目的なので、必ずしも貫通孔である必要はない。音叉の脚部に近接した部分に空間を与えるものであれば、例えば、角形で所定の深さを有する貫通していない凹部であっても構わない。この場合は、基台用親基板における凹部の形成されている面を親基板に向けて貼り合わせることになる。

40

【0114】

図17に、図15に示した音叉形振動子140に類似した構成を有する本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例の斜視図を示す。図17の(a)と(b)は視点が逆になっているだけである。図17において、図15と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。

【0115】

50

図 1 7 に示した音叉形振動子 1 6 0 において、音叉を構成する 2 つの脚部 8 5 および 8 6 からなる振動部 8 3 の構成は図 7 に示した音叉形振動子 8 0 と全く同じであり、基台部のみが異なっている。そこで、図 1 7 においては振動部 8 3 の細部については記号を省略する。

【0 1 1 6】

音叉形振動子 1 6 0 において、基台部 1 6 1 は 4 つの直線部分からなり、振動部 8 3 の長手方向に長い長方形枠状に形成されており、その幅方向に沿う 1 辺部分の一方主面が振動部 8 3 の他方主面の一端側に貼り合わされている。基台部 1 6 1 の他の 3 辺部分の一方主面には振動部 8 3 を構成しているものと同じ 2 つの圧電体基板 1 1 および 8 1 が貼り合わされている。そのため、基台部 1 6 1 は、2 つの脚部 8 5 および 8 6 からなる振動部 8 3 を、その両端方向および幅方向両側の周囲 4 方向から囲む形になる。その結果、基台部 1 6 1 の振動部 8 3 と貼り合わされている 1 辺部分を除く 3 辺部分に貼り付けられた圧電体基板 1 1、8 1 と 2 つの脚部 8 5 および 8 6 との間にはそれぞれスリット 1 6 2、1 6 3、1 6 4 が存在することになる。スリット 1 6 2 と 1 6 3 は振動部 8 3 の長手方向に沿って形成されていることになり、スリット 1 6 4 は振動部 8 3 の幅方向に沿って形成されていることになり、スリット 1 6 2、1 6 3、1 6 4 は後述のように 2 つの脚部 8 5 と 8 6 の間のスリット 1 5 と同様に 2 つの圧電体基板 1 1、8 1 を完全に切断し、さらに基台用親基板 1 4 1 の一部をも削るように形成されていて、これによって振動部 8 3 が圧電体基板 1 1、8 1 の他の部分から分離されている。

【0 1 1 7】

ここで、このような音叉形振動子 1 6 0 の製造方法について、図 1 8 を用いて説明する。図 1 8 において、音叉形振動子 8 0 の製造方法を説明する図であるところの図 8 と同一もしくは同等の部分には同じ記号を付し、その説明を省略する。

【0 1 1 8】

まず、図 1 8 (a) に示すように、圧電体親基板 9 1 および 9 2 を、一方主面側が圧電体親基板 9 1 になり他方主面側が圧電体親基板 9 2 になるように貼り合わせた親基板 9 0 を用意する。それと同時に、複数の平面視長形状の貫通穴 1 7 1 が縦横に並んで形成された基台用親基板 1 7 0 を用意する。図 1 8 の基台用親基板 1 7 0 の場合は $8 \times 4 = 32$ 個の貫通穴 1 7 1 が形成されている。

【0 1 1 9】

次に、図 1 8 (b) に示すように、親基板 9 0 の他方主面側、すなわち圧電体親基板 9 2 側に基台用親基板 1 7 0 の一方主面を貼り合わせる。この貫通孔 1 7 1 は基台用親基板 1 7 0 のどの面からどのような方法で形成されたものであっても構わない。

【0 1 2 0】

次に、基台用親基板 1 7 0 の他方主面にダイシングテープを貼って下にして、親基板 9 0 の一方主面側からダイシングソーでスリット 1 7 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5 を形成する。互いに平行な 3 つのスリット 1 7 2、1 7 3、1 7 4 はいずれも長形状の貫通穴 1 7 1 の長手方向に沿って、親基板 9 0 を完全に切断し、基台用親基板 1 7 0 の一部をもわずかに切削する深さに形成される。スリット 1 7 2 は平面視で貫通穴 1 7 1 の略中央をその長手方向に沿って通り、スリット 1 7 3 と 1 7 4 はスリット 1 7 2 の両側において貫通穴 1 7 1 の内側壁に対応する線に接して通る。但し、内側壁に対応する線に接することは必須ではなく、内側壁に対応する線より内側を通っても構わない。すなわち、スリット 1 7 3 と 1 7 4 は平面視で貫通穴 1 7 1 の中を通ればよい。また、スリット 1 7 5 は長形状の貫通穴 1 7 1 の幅方向に沿って、親基板 9 0 を完全に切断し、基台用親基板 1 7 0 の一部をもわずかに切削する深さに形成される。スリット 1 7 5 は貫通穴 1 7 1 の内側壁に対応する線に接して通る。但し、内側壁に対応する線に接することは必須ではなく、内側壁に対応する線より内側を通っても構わない。すなわち、スリット 1 7 5 は平面視で貫通穴 1 7 1 の中を通ればよい。なお、図 1 8 (b) には、図面が煩雑になるのを避けるために一部の貫通穴 1 7 1 を通るスリット 1 7 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5 しか記載していないが、実際には全ての貫通穴の列に関して同様のスリットが形成される。そして、親基板 9

0 の中のこの 4 つのスリット 1 7 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5 によって形成された 2 つの角柱状の部分が音叉を構成する 2 つの脚部になる。このスリット 1 7 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5 が第 1 のスリットである。

【 0 1 2 1 】

また、図示は省略しているが、スリット 1 7 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5 の形成の前または後で、スリット 1 7 2 と 1 7 3 の中間部分、およびスリット 1 7 2 と 1 7 4 の中間部分にも、貫通穴 1 7 1 の長手方向に沿って、圧電体親基板 9 1 の一方主面に形成された電極がカットされる深さのスリットが形成される。このスリットは音叉形振動子 8 0 における駆動や検出のための電極を分割するためのスリット 1 8 および 2 1 に相当するものになる。

【 0 1 2 2 】

次に、同じく親基板 9 0 の一方主面側からダイシングソーでスリット 1 7 6、1 7 7 を形成する。スリット 1 7 6 は貫通穴 1 7 1 の長手方向に沿って、親基板 9 0 だけでなく基台用親基板 1 7 0 をも切断するように形成される。その際、スリット 1 7 6 は 2 つの貫通穴 1 7 1 のちょうど中間を通る。また、スリット 1 7 7 は貫通穴 1 7 1 の幅方向に沿って、親基板 9 0 だけでなく基台用親基板 1 7 0 をも切断するように形成される。その際、スリット 1 7 7 は 2 つの貫通穴 1 7 1 の間をスリット 1 7 5 に近い方に片寄って通る。そのために、スリット 1 7 6 と 1 6 6 でカットされた平面視長方形の中には貫通穴 1 6 1 が完全に含まれる。そして、このスリット 1 7 6、1 7 7 によって切断されてできた子基板が音叉形振動子 1 6 0 になる。図 1 8 の場合には子基板の数は 3 2 個になる。このスリット 1 7 6、1 7 7 が第 2 のスリットになる。

【 0 1 2 3 】

なお、ダイシングソーでスリット 1 7 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5 を形成する場合、親基板 9 0 の他方主面側であって基台用親基板 1 7 0 の貼り合わされていない部分は、ダイシングテープに貼り付けられないためにダイシング時にチッピングが発生しやすいという問題がある。そこで、チッピング防止のために親基板 9 0 の他方主面側における基台用親基板 1 7 0 の貼り合わされていない部分はワックスなどで固めておく方がよい。

【 0 1 2 4 】

また、上記の音叉形振動子 1 6 0 の製造方法においては、複数の長形状の貫通穴 1 7 1 が縦横に並んで形成された基台用親基板 1 7 0 を用いていたが、この貫通孔の部分は音叉の脚部の振動を可能にする空間を与えることが主な目的なので、必ずしも貫通孔である必要はない。音叉の脚部に近接した部分に空間をあたえるものであれば、例えば、角形で所定の深さを有する貫通していない凹部であっても構わない。この場合は、基台用親基板における凹部の形成されている面を親基板に向けて貼り合わせることになる。

【 0 1 2 5 】

なお、上記の音叉形振動子 1 4 0 や 1 6 0 においては、振動部 8 3 が 2 つの圧電体基板を重ねた構成のバイモルフ構造をしているが、振動部の構成はバイモルフ構造に限るものではなく、図 1 に示した音叉形振動子 1 0 のようなユニモルフ構造や図 6 に示した音叉形振動子 7 0 のような非圧電体の振動体の表面に圧電素子を形成した、あるいは貼り付けたような構造であっても構わないものである。

【 0 1 2 6 】

また、第 1 のスリットのうちの互いに平行な 3 つのスリットについては、例えば図 1 0 の音叉形振動子 1 0 0 のような振動部を得るために 4 つ以上にしても構わないものである。

【 0 1 2 7 】

また、上記の音叉形振動子 1 4 0 や 1 6 0 の製造方法においては、振動部を構成する親基板にあらかじめ貫通孔や凹部の形成された基台用親基板を貼り合わせるものについて説明した。しかしながら、音叉の脚部の振動を可能にする空間を与える方法は、これに限るものではない。例えば、親基板に貫通孔の形成されていない基台用親基板を貼り付けた後で、サンドブラストやエッチングによって貫通孔に相当する部分を形成してもよい。そして、このように貫通孔に相当する部分を後で形成する場合には、親基板の部分と基台用親基

10

20

30

40

50

板の部分を別体にする必然性はなく、基台用親基板が親基板の一部あるいは全部と一体に形成されていても構わない。その場合は、音叉形振動子140や160のような基台部を備えているにもかかわらず図1や図5、図6の音叉形振動子10、60、70のような振動部の少なくとも一部と基台部が一体になった音叉形振動子とすることができる。

【0128】

ところで、このように構成された音叉形振動子140や160においても、基台部141や161の構造が異なる点以外は図7の音叉形振動子80と同じである。そこで、駆動方法やコリオリ力の検出方法などについては説明を省略し、ここでは音叉形振動子160を例にして基台部の違いによって生じる相違点に限定して以下に説明する。

【0129】

まず図19に、音叉形振動子160を用いた振動ジャイロの一実施例の平面図、A-A断面図、およびB-B断面図を示す。A-A断面図とB-B断面図においては断面部分のみを示している。

【0130】

図19において、振動ジャイロ180は、ケース181、音叉形振動子160、回路部品184、およびカバー185から構成されている。

【0131】

ケース181は絶縁体からなり、一方主面と他方主面にそれぞれ凹部182と凹部183が形成されている。凹部182は深さが2段階に形成されており、平面状の最底部に音叉形振動子160が搭載されている。音叉形振動子160は、基台部161の他方主面のほぼ全面が、凹部182の底部に接着されている。凹部182の中段部分には4つの電極186が形成されており、音叉形振動子160の2つの脚部に形成された4つの電極とワイヤーを介して接続されている。さらに、凹部182の一方主面上には音叉形振動子160を覆うカバー185が取り付けられている。

【0132】

ケース181の他方主面に形成された凹部183は、平面上の底部に回路配線（図示せず）が形成されており、回路配線上には音叉形振動子160を駆動したりコリオリ力を検出したりするための回路を構成する回路部品184が搭載されている。回路配線は凹部182の中段部分に形成された電極186ともケース181内を通る配線によって接続されている。

【0133】

このように形成された振動ジャイロ180において、音叉形振動子160は上述のように基台部161の他方主面のほぼ全面がケース181の凹部182の底部に接着されている。この点は、図1に示した音叉形振動子10において基台部14の他方主面の中央部分の固定領域25を固定部としていたのとは異なる。そして、音叉形振動子160をこのように実装した場合、音叉形振動子10における固定方法の場合のような音叉の振動を抑制しないという機能は低下するが、固定部が振動部を囲むように存在することによって中央部分のみで固定する場合に比べて固定状態が安定になり、コリオリ力の検出のばらつきを少なくすることができる。

【0134】

ところで、振動ジャイロ180においては、音叉形振動子160の電極と電極186との配線にワイヤーを用いている。ワイヤーによる配線は接続の不安定さの原因になり、また製造工程における工数の増大の原因になる。そこで、これを改善する音叉形振動子の構成の例を図20に示す。

【0135】

図20において、音叉形振動子160'は、図17に示した音叉形振動子160における振動部83（音叉形振動子160'においては83'）の一方主面に形成されている4つの電極を、振動部83の一端側の端面から基台部161の端面を経由して基台部161の他方主面にまで延在させたものである。4つの電極のうちの内側の2つの電極は、基台部161の他方主面において1つにまとめられている。なお、振動部83の端面において端

10

20

30

40

50

面の電極が振動部 8 3 と基台部 1 6 1 との境界部に存在する電極と短絡しないように、境界部の電極は端面に達しないように形成されている。

【0136】

このように構成された音叉形振動子 1 6 0' においては、例えば図 1 9 のケース 1 8 1 に実装するとき、凹部 1 8 2 の底部に電極を形成しておき、その電極と音叉形振動子 1 6 0' の基台部 1 6 1 の他方主面に形成された電極とを例えば導電性接着剤を用いて固定するようにすれば、音叉形振動子 1 6 0' の固定と配線とを同時に行うことができ、配線のためのワイヤーは不要になる。その結果、配線の断線などの不安定要因が少なくなり、同時に製造工程における工数の削減も図ることができる。

【0137】

このような、音叉形振動子を駆動したりコリオリ力を検出したりする電極を、振動部や基台部の端面を経由して基台部の他方主面に延在させる変形は、音叉形振動子 1 6 0 の構成に限るものではなく、上記のいずれの実施例の音叉形振動子においても基本的に適用可能である。

【0138】

図 2 1 に、本発明の電子装置の一実施例であるビデオカメラの斜視図を示す。図 2 1 において、ビデオカメラ 2 0 0 は、手ぶれ補正用に本発明の振動ジャイロ 5 0 を備えている。

【0139】

このように構成されたビデオカメラ 2 0 0 においては、本発明の振動ジャイロを備えているために常に正確な角速度情報が得られ、正確な手ぶれ補正が実現でき、性能の向上を図ることができる。

【0140】

なお、本発明の電子装置としては、ビデオカメラに限られるものではなく、振動ジャイロを同じく手ぶれ補正用に用いるデジタルカメラや、位置検出に用いるナビゲーションシステム、自動車の横転検出システムなど、振動ジャイロを用いるあらゆる電子装置を含むものである。

【0141】

【発明の効果】

本発明の音叉形振動子の製造方法によれば製造工程の簡略化が可能になり、またそれによって製造された音叉形振動子によれば、2 つの脚部の寸法精度が非常に高いものになり、脚部間の位置ずれや基台部との固定強度のバランスが崩れるという問題も発生しない。また、複数の音叉形振動子同士の特性ばらつきも軽減することができる。

【0142】

その結果、この音叉形振動子を用いた振動ジャイロによれば、高い精度での角速度の検出が可能になる。

【0143】

そして、この振動ジャイロを用いた電子機器によれば、常に正確な角速度情報を得ることができ、性能の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の音叉形振動子の一実施例を示す斜視図である。

【図 2】 図 1 の音叉形振動子の製造方法を示す工程図である。

【図 3】 図 1 の音叉形振動子の製造方法を示す図 2 に続く工程図である。

【図 4】 本発明の振動ジャイロの一実施例の概略構成を示すブロック図である。

【図 5】 本発明の音叉形振動子の別の実施例を示す斜視図である。

【図 6】 本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例を示す斜視図である。

【図 7】 本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例を示す斜視図である。

【図 8】 図 7 の音叉形振動子の製造方法を示す工程図である。

【図 9】 図 7 の音叉形振動子の製造方法を示す図 8 に続く工程図である。

【図 10】 本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例を示す斜視図である。

【図 11】 図 10 の音叉形振動子の側面図である。

10

20

30

40

50

- 【図 1 2】本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例を示す斜視図である。
 【図 1 3】本発明の振動ジャイロの別の実施例の概略構成を示すブロック図である。
 【図 1 4】本発明の振動ジャイロのさらに別の実施例を示す側面図である。
 【図 1 5】本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例を示す斜視図である。
 【図 1 6】図 1 5 の音叉形振動子の製造方法を示す工程図である。
 【図 1 7】本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例を示す斜視図である。
 【図 1 8】図 1 7 の音叉形振動子の製造方法を示す工程図である。
 【図 1 9】本発明の振動ジャイロのさらに別の実施例を示す側面図である。
 【図 2 0】本発明の音叉形振動子のさらに別の実施例を示す斜視図である。
 【図 2 1】本発明の電子装置の一実施例を示す斜視図である。
 【図 2 2】従来の音叉形振動子を示す斜視図である。
 【図 2 3】図 2 2 の音叉形振動子の脚部を形成する工程を示す工程図である。

10

【符号の説明】

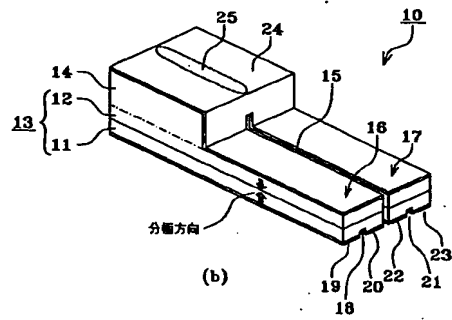
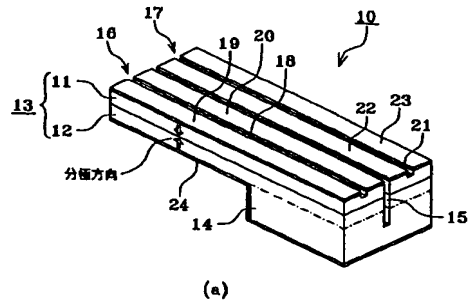
- 1 0、6 0、7 0、8 0、1 0 0、1 4 0、1 6 0、1 6 0' … 音叉形振動子
 1 1、1 2、8 1 … 圧電体基板
 1 3、6 3、8 3 … 振動部
 1 4、6 4、7 2、8 4、1 4 1、1 6 1 … 基台部
 1 5、1 8、2 1、6 7、1 0 1、1 0 2、1 4 2、1 4 3、1 6 2、1 6 3、1 6 4 …
 スリット
 1 6、1 7、6 5、6 6、7 3、7 4、8 5、8 6、1 0 3、1 0 4、1 0 5 … 脚部
 1 9、2 0、2 2、2 3、2 4、6 1、8 2 … 電極
 2 5 … 固定領域
 3 0、9 0 … 親基板
 3 1、3 2、9 1、9 2 … 圧電体親基板
 3 3 … 削除部
 3 4 … 非削除部
 3 5、3 6、3 7、9 4、9 5、9 6、1 5 2、1 5 3、1 5 4、1 5 5、1 5 6、1 7
 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5、1 7 6、1 7 7 … スリット
 3 8、3 9、9 7、9 8 … 電極
 5 0、1 8 0 … 振動ジャイロ
 6 2、7 1 … 非圧電体基板
 7 5、7 6、7 7、7 8 … 圧電素子
 9 3 … 基台部材
 1 0 6 … 支持ピン
 1 5 0、1 7 0 … 基台用親基板
 1 5 1、1 7 1 … 貫通穴
 1 8 1 … ケース
 1 8 2、1 8 3 … 凹部
 1 8 4 … 電子部品
 1 8 5 … カバー
 2 0 0 … ビデオカメラ

20

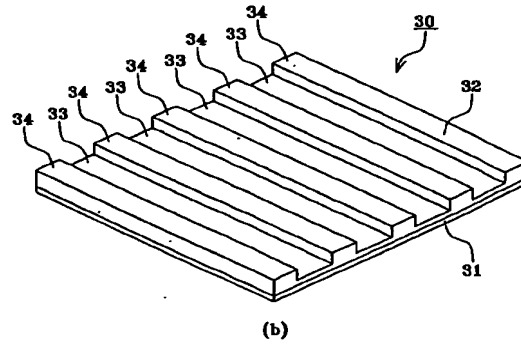
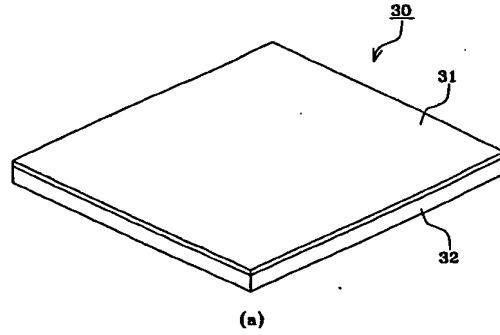
30

40

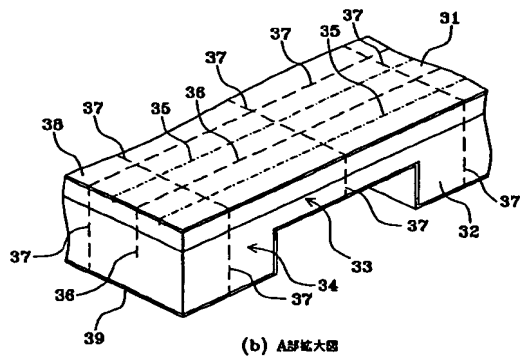
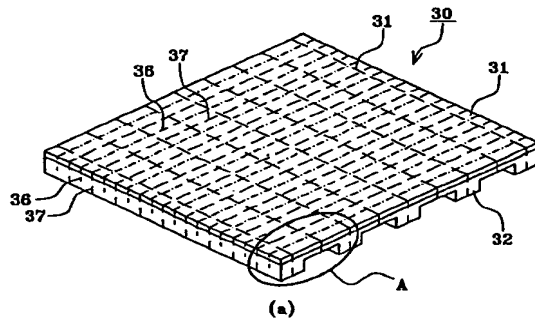
【図 1】



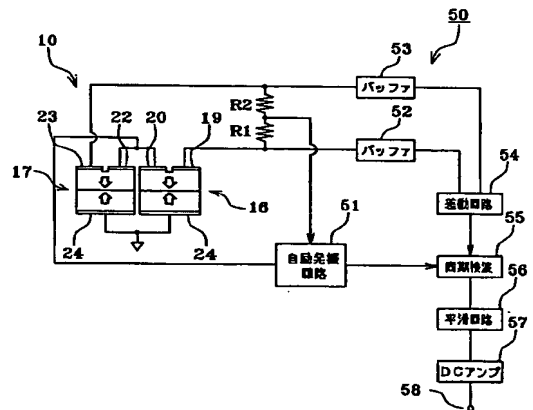
【図 2】



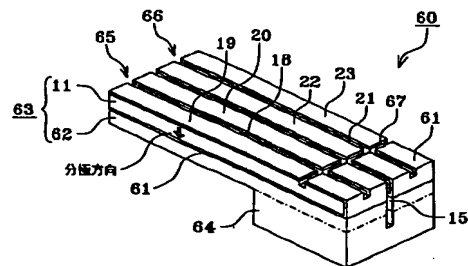
【図 3】



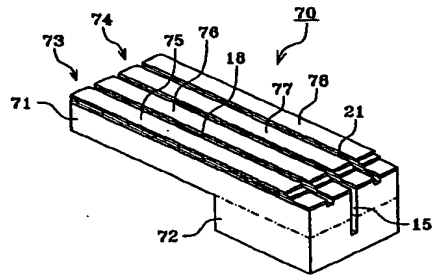
【図 4】



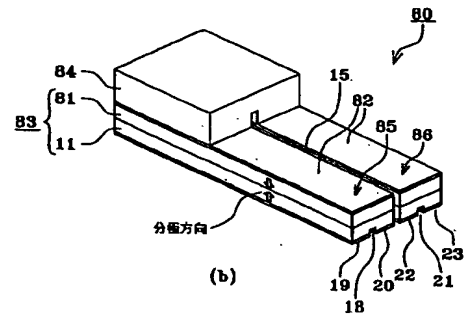
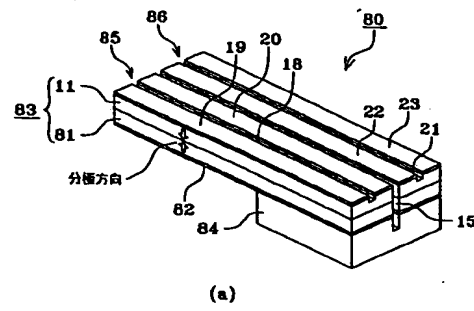
【図 5】



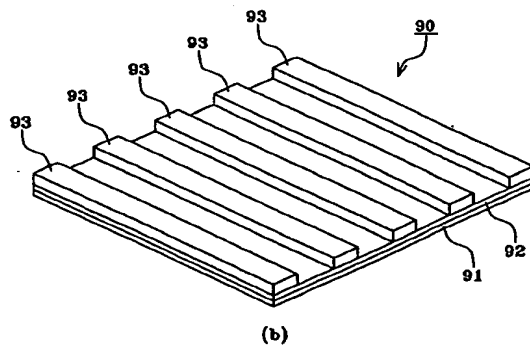
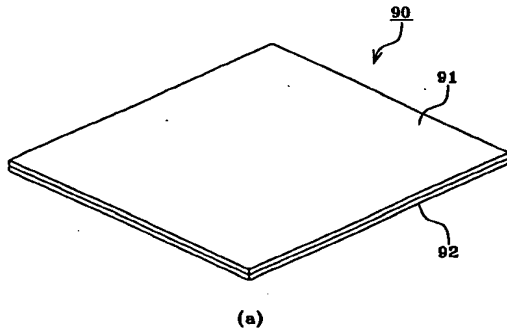
【図 6】



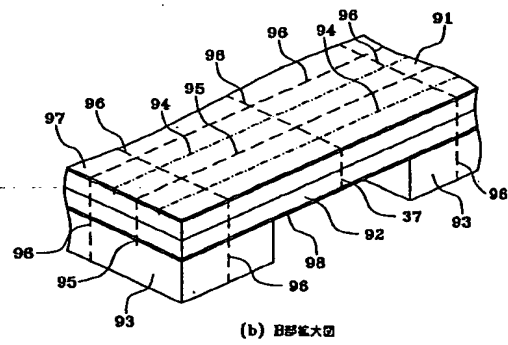
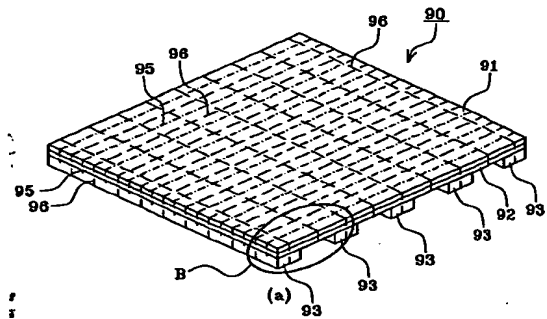
【図 7】



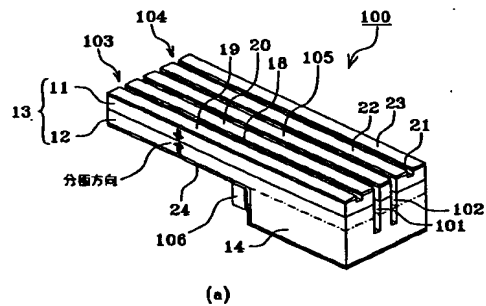
【図 8】



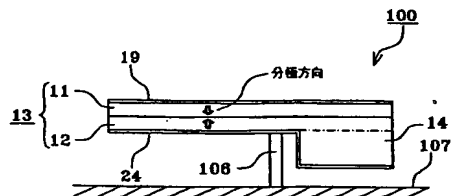
【図 9】



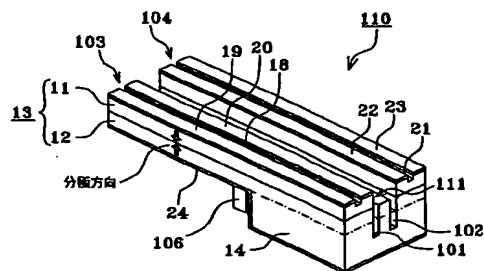
【図 10】



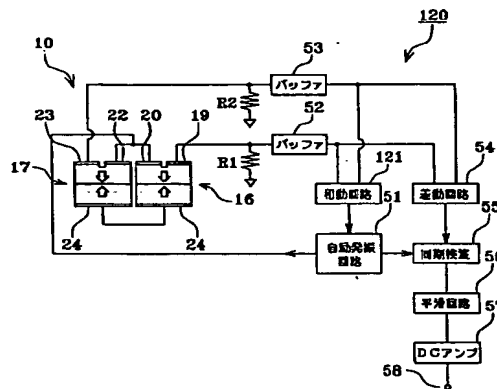
【図 11】



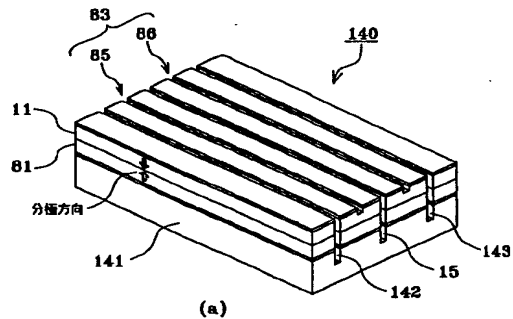
【図 12】



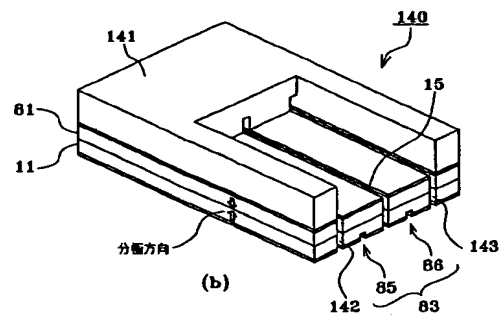
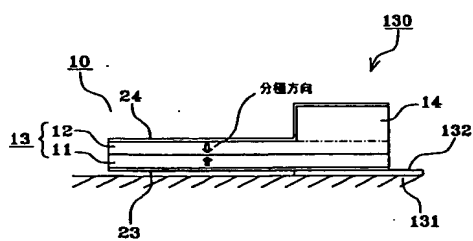
【図 13】



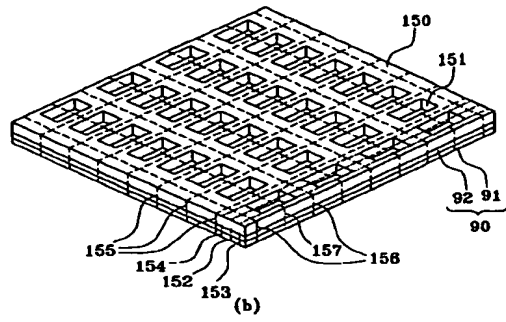
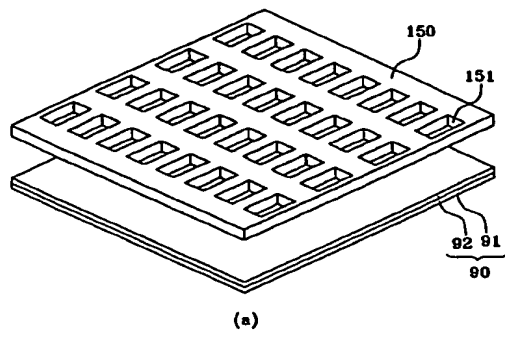
【図 15】



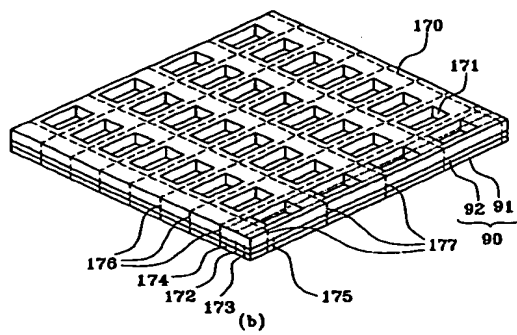
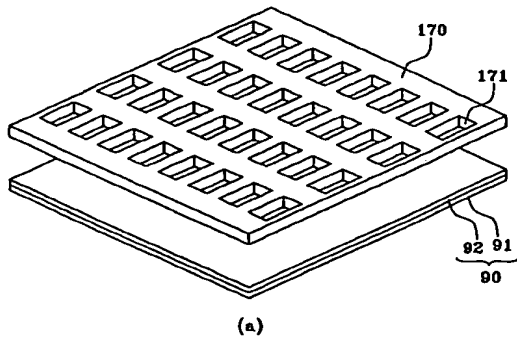
【図 14】



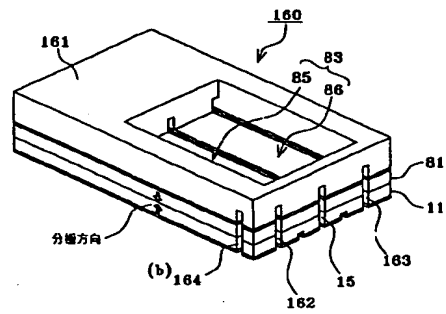
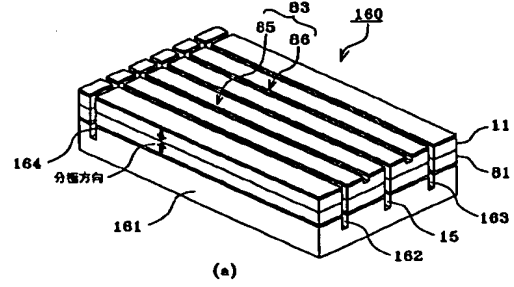
【図 16】



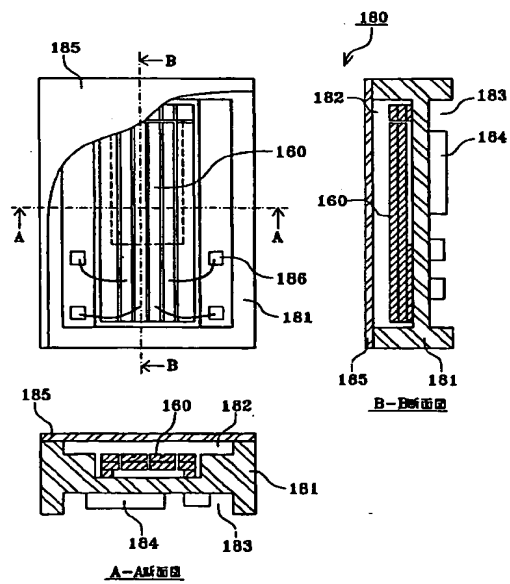
【図 18】



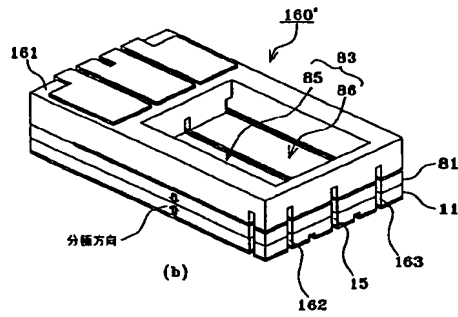
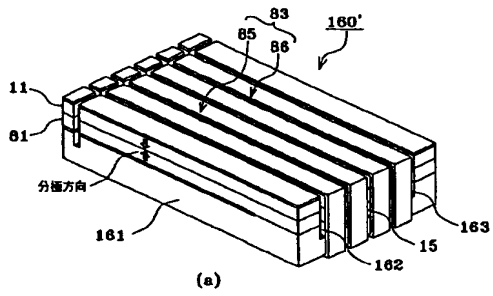
【図 17】



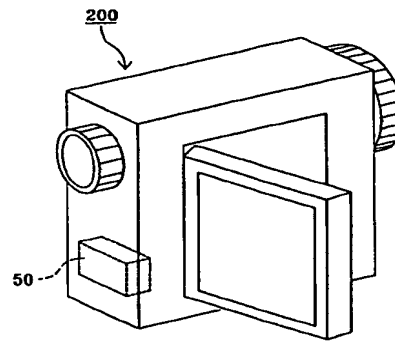
【図 19】



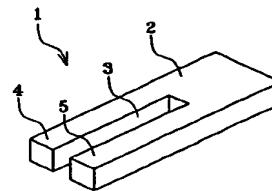
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【図 23】

